

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

-

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra telekomunikační techniky

Absolvování individuální odborné praxe  
Individual professional practice in the company

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra telekomunikační techniky

## Zadání bakalářské práce

Student: **Matouš Režnar**  
Studijní program: B2647 Informační a komunikační technologie  
Studijní obor: 2601R013 Telekomunikační technika  
Téma: **Absolvování individuální odborné praxe**  
**Individual Professional Practice in the Company**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Student vykoná individuální praxi ve firmě: B plus TV a.s.
2. Struktura závěrečné zprávy:
  - a. Popis odborného zaměření firmy, u které student vykonal odbornou praxi a popis pracovního zařazení studenta
  - b. Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu odborné praxe s vyjádřením jejich časové náročnosti
  - c. Zvolený postup řešení zadaných úkolů
  - d. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe
  - e. Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe
  - f. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:

Podle pokynů konzultanta, který vedl odbornou praxi studenta

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeňka Chmelíková, Ph.D.**


Konzultant bakalářské práce: Ing. Jiří Otisk

Datum zadání: 01.09.2015

Datum odevzdání: 29.04.2016



  
doc. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

25.4.2016

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Petr", written over a dotted line.

## Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby

„Souhlasím se zveřejněním této bakalářské/diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských/magisterských programech VŠB-TU Ostrava.“

24.3.2016



**BTV** B PLUS TV a.s.  
Požárnícká 140  
742 83 Klimkovice  
IČ/DIČ: CZ47677481  
1.

## Poděkování

Rád bych poděkoval vedení firmy B PLUS TV a.s. za možnost absolvování individuální praxe. Panu Ing. Jiřímu Otiskovi za vedení, a podání pomocné ruky s řešením dané problematiky. Paní Ing. Zdeňce Chmelíkové, Ph.D. za konzultace a pozitivní přístup. A mé matce, která to se mnou nevzdala do poslední chvíle.

## Abstrakt

Tato bakalářská práce pojednává o mé působnosti ve firmě B PLUS TV a.s. V první části popisují informace o firmě B PLUS TV a.s. její zaměření, vývoj, a produkty které nabízí. Dále se přiblížím k vysvětlení problematiky zadaného projektu. Popíši také použité modulace, použitou techniku a etapy projektu. Cílem tohoto projektu bylo vyvinout pokud možno univerzální zařízení, které pracuje v největším možném kmitočtovém rozsahu a záměrem práce je vyvinout systém, který by umožňoval postupné rozšiřování systému o jednotlivá kmitočtová pásma. Dále popisují osvojené znalosti a zkušenosti v průběhu odborné praxe, a další možný vývoj projektu.

## Klíčová slova

Odborná praxe, B PLUS TV a.s., amatérská televize, digitální amatérská televize, frekvenční modulace, čtyř fázové klíčování, filtr s rezonátory.

## Abstract

This bachelor thesis is about my experience in B PLUS TV a.s. company. In first part I describe information about B PLUS TV a.s. it's aim, development, and product they'r offer. Next I will explain the issues of the project, describe used modulations and technique and points of the project. The goal of this project is develop, if it's possible universal device, that works in the largest possible frequency range, where the intention is to develop system, that would be able to system expansion of the frequency bands. I also describe the knowledge and experience i have gained during professional practise, and possible development of the project.

## Key words

Professional practise, B PLUS TV a.s., amateur television, digital amateur television, frequency modulation, quadrature phase shift keying, filter with resonators.

## Seznam použitých zkratek

Zkratka	Význam
1,2cm	Frekvenční pásmo 24000 – 24250 MHz
23cm	Frekvenční pásmo 1240 – 1300 MHz
3cm	Frekvenční pásmo 5650 – 5850 MHz
5cm	Frekvenční pásmo 3400 – 3475 MHz
9cm	Frekvenční pásmo 2300 – 2450 MHz
AAC	Ztrátová komprese zvuku – (Advanced Audio Coding )
AC-3	Digitální ztrátová komprese zvuku – (Dolby Digital)
AM	Amplitudová modulace
ASK	Klíčování amplitudovým posuvem
ATV	Analogová amatérská televize
BOR	Bezdrátový obecní rozhlas
CBER	Počet chybně přijatých bitů k celkovému počtu přijatých bitů na kanálu – (channel bit error rate)
ČTÚ	Český telekomunikační úřad
DATV	Digitální amatérská televize
DBOR-D	Digitální bezdrátový obecní rozhlas
DPCM	Rozdílová pulzně kódová modulace
DVB-H	Digitální televizní vysílání pro mobilní příjem
DVB-T	Pozemní digitální televizní vysílání
FEC	Technologie pro kontrolu chyb – (Forward error correction )
FM	Frekvenční modulace
FSK	Klíčování frekvenčním posuvem
FSTV	Televize s rychlým řádkovým rozkladem
ISS	Mezinárodní vesmírná stanice
MPEG	Ztrátový komprimační datový formát
PAM	Pulzně amplitudová modulace
PCM	Pulzně kódová modulace
PM	Fázová modulace
PPM	Pulzně polohová modulace
PSK	Klíčování fázovým posuvem
PWM	Pulzně šířková modulace
QAM	Kvadraturní amplitudová modulace
QPSK	Kvadraturní fázové klíčování
Rx	Přijímací část
SNR	Vztah mezi úrovní signálu a hladinou šumu
SSTV	Televize s pomalým řádkovým rozkladem
Tx	Vysílací část
UHF	Ultra krátké vlny
VHF	Velmi krátké vlny
VŠB-TUO	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava



## Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
$S_M(t)$	[Hz]	Modulační signál
$S_C(t)$	[Hz]	Nosný signál
$U_M(t)$	[Hz]	Modulovaný signál

## Seznam ilustrací

Obr. 1: logo firmy B PLUS TV a.s.....	- 2 -
Obr. 2: Diagram základní 70cm ATV instalace pro vysílání. Převzato z [ <a href="http://www.arrl.org/">http://www.arrl.org/</a> ].....	- 4 -
Obr. 3: Schéma procesu modulace .....	- 5 -
Obr. 4: Znáznornění principu frekvenční modulace.....	- 6 -
Obr. 5: Konstelační diagram QPSK .....	- 7 -
Obr. 6: Schéma vysílací části .....	- 9 -
Obr. 7: Schéma přijímací části .....	- 9 -
Obr. 8: Kmitočtový průběh filtru s osmnácti rezonančními dutinami.....	- 10 -
Obr. 9: Osmnácti dutinový filtr v průběhu ladění .....	- 11 -
Obr. 10: Schéma zapojení testování FM modulátoru.....	- 12 -
Obr. 11: Schéma zapojení testování QPSK modulátoru.....	- 13 -
Obr. 12: Schéma plošného spoje koncového stupně. ....	- 14 -
Obr. 13: Sestrojený koncový stupeň.....	- 15 -
Obr. 14: Schéma zapojení testování PA .....	- 15 -

## Seznam tabulek

Tab. 1: Rozsahy vhodných frekvencí .....	- 8 -
Tab. 2: Úroveň vůči S/N FM modulátoru NT1/2GHz varlink .....	- 12 -
Tab. 3: Úroveň vůči S/N u QPSK modulátoru Microwapp MT 240 DVB-S Tx .....	- 13 -
Tab. 4: Naměřené hodnoty z testování PA.....	- 16 -

## Seznam grafů

Graf 1: Výstupní výkon, Zisk a proud na vstupní výkon .....	- 16 -
Graf 2: Výstupní výkon a zisk na vstupní výkon .....	- 17 -

# Obsah

1.	Úvod .....	- 1 -
1.	O společnosti .....	- 2 -
1.1.	Historie firmy .....	- 2 -
1.2.	Pracovní zařazení .....	- 2 -
2.	Projekt ATV a DATV .....	- 3 -
2.1.	ATV .....	- 3 -
2.2.	DATV .....	- 4 -
3.	Modulace .....	- 5 -
3.1.	Frekvenční modulace .....	- 6 -
3.2.	Kvadrurní klíčování fázovým posuvem .....	- 7 -
4.	Realizace projektu .....	- 8 -
4.1.	Přehled kmitočtů pro ATV a DATV .....	- 8 -
4.2.	Návrh blokového schéma .....	- 9 -
4.3.	Ladění rezonančních dutinových filtrů .....	- 10 -
4.4.	Testování modulátorů .....	- 12 -
4.4.1.	FM modulátor Microwapp MO234 .....	- 12 -
4.4.2.	FM modulátor NT 1/2GHz varlink .....	- 12 -
4.4.3.	QPSK modulátor Microwapp MT 240 DVB-S Tx .....	- 13 -
4.5.	Návrh a sestrojení koncového stupně .....	- 14 -
4.5.1.	Návrh desky plošných spojů .....	- 14 -
4.5.2.	Sestrojení koncového stupně .....	- 14 -
4.5.3.	Testování .....	- 15 -
5.	Závěr .....	- 18 -
6.	Literatura .....	- 19 -

# 1. Úvod

Při výběru své bakalářské práce jsem se rozhodoval, kterému odvětví telekomunikační techniky dám přednost z hlediska mého karierního růstu a zároveň bude přínosem pro mé zájmy.

Nabízená možnost absolvování odborné praxe mne oslovila, protože už od přírody jsem člověk zvědavý, a raději dám přednost reálnému pracovnímu prostředí, kde se může objevit bezrozměrné množství zajímavých a poučných věcí, které mne můžou obohatit o novou učební metodu. Takzvaně „osahat si to“.

Dalším důvodem bylo vyzkoušet si práci v mém oboru, a tak si říci, zdali jsem schopen využít své doposud nabyté znalosti v reálném pracovním prostředí.

V této bakalářské práci popisuji mou práci nad přiděleným projektem a to amatérské a digitální amatérské televize, její problematiky a přidružené technice používající se k realizaci spojení.

## 1. O společnosti

Společnost B PLUS TV a.s. je ryze český soukromý subjekt na trhu s nabídkou poskytování telekomunikačních služeb šířením pozemního televizního vysílání.

Aktivně se podílí na obohacování společnosti (technická podpora dceřiné společnosti LOCAL TV PLUS spol. s.r.o., přednáší na konferencích), a na spolupráci s odborníky z Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava.

Vyrábí mikrovlnné vysílače a opakováče, spoje a zařízení pro radioamatérské sporty, jako jsou například transvetory, majáky aj. Zaměřují se však i na klasické pásma UHF/VHF [1].



*Obr. 1: logo firmy B PLUS TV a.s. Převzato z [1]*

### 1.1. Historie firmy

Firma byla založena roku 1994 jako dceřinou společností B plus s.r.o.

Od svého založení se soustředí na poskytování telekomunikačních služeb, které zprostředkovává pomocí mikrovlnných spojení. Roku 1997 vyvinula mikrovlnný televizní vysílač pracující v pásmu 13cm. A Roku 1998 vyvíjí bezdrátový místní informační systém BOR pracující na kmitočtovém pásmu 70 MHz. Tento výrobek byl oceněn na výstavě URBIS'98 (Mezinárodní veletrh technologií, výrobků a služeb pro rozvoj obcí a měst).

V letech 2001 až 2003 vyvíjí a prodává vlastní mikrovlnné spoje pracující v pásmech 5cm, 3cm. Od roku 2005 (konkrétně 9. května) zahájila jako první v České Republice řádné digitální vysílání ve standardu DVB-T. Od roku 2006 firma vyrábí spoje pracující i v pásmu 1,2cm s použitou modulací QPSK a přednáší na konferencích zprostředkované Fakultou bezpečnostního inženýrství VŠB-TUO a Sdružením požárního a bezpečnostního inženýrství.

Její výrobky jsou schváleny Českým i Slovenským telekomunikačním úřadem, což vedlo k možnosti využívání výrobku u nás i v zahraničí. Úřad civilní ochrany souhlasil k napojení systému BOR na síť Civilní ochrany Slovenské republiky.

Roku 2009 vyvíjí DVB-T vysílače a opakováče. A na další rok jako první v České Republice s podporou VŠB-TUO vysílá v digitálním standardu DVB-H podpořené Evropskou unií programem mezinárodní spolupráce. Roku 2012 je vyvinutá inovace systému BOR a to DBOR-D. Zaměřuje se také na systém bezpečnostního uzávěru vody Vodostop. [1]

### 1.2. Pracovní zařazení

Po pracovním pohovoru mi byl přidělen projekt ATV – DATV. Kde cílem projektu je vyvinout univerzální zařízení, které je schopno vysílat (a následně přijímat) analogový zvukový a obrazový materiál skrze mikrovlnné spoje. A to s vlnovými délkami 23cm, 13cm, 9cm, 5cm, 3cm a 1,2cm.

## 2. Projekt ATV a DATV

### 2.1. Amatérská analogová televize

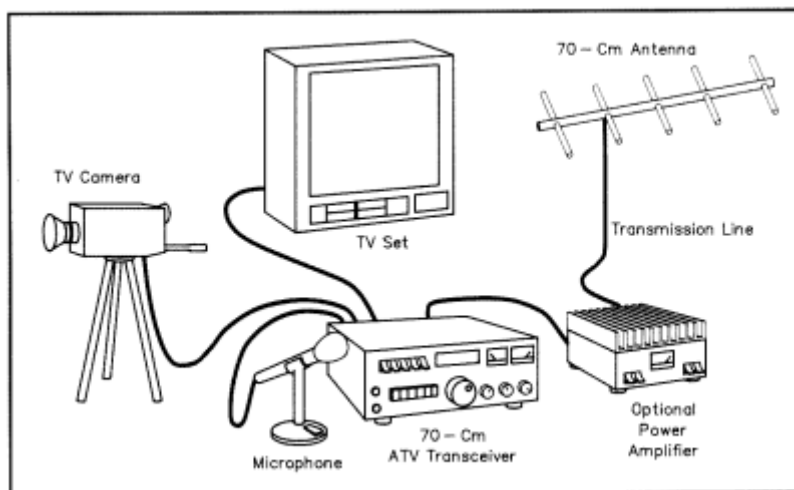
Amatérská analogová televize neboli ATV je nejmladším radioamatérským koníčkem. Je využívána radioamatéry převážně v Americe, Británii, Německu, Slovinsku, Austrálii a Francii, ale nachází i nadšence ze zbytku světa. V dnešní době jej radioamatéři používají v oblibě ve spojení s modelářstvím a virtuální realitou či živých vstupů do různých debat. Například z mezinárodní vesmírné stanice (ISS) [5, 10].

Amatérská televize má dvě hlavní odvětví a to **FSTV** a **SSTV**.

Pokud hovoříme o SSTV (slow-scan television) jedná se o přenos obrazu bez zvuku na krátkých vlnách vysílaných na velkou vzdálenost. Obraz je realizován statickými snímky různé délky. Ty se řádově pohybují od sekund po minuty. Časové rozestupy snímků se odvíjí od nastavení tzv. módů, ty mohou být černobílé, barevné, s velkým rozlišením či experimentální. Černobílému SSTV stačí 3kHz šířky přenosového pásma pro úspěšný přenos [3, 4].

V případě FSTV (fast-scan television) je přenos obrazu stálý. Jinak řečeno nezobrazují se statické obrázky, ale už pohybující se obraz, včetně zvuku. Ten se přenáší většinou na oddělených frekvencích pro nižší pásma, na vyšších už společně s obrazem. Využívá analogových modulací **AM** a **FM**. Jako standarty kódování se používá **PAL** (pro většinu evropských zemí), **SECAM** (pro francii a některé africké státy), a **NTSC** (používaný v Severní a Střední Americe a Japonsku). Tato technologie je v podstatě stejná jakou používají komerční televize, má však omezení. Ty se smí provozovat na vlastních vyhrazených frekvencích určených výhradně pro ATV přenos, ale je však zakázáno ji komerčně využívat. Samotné spojení se realizuje na různých frekvencích. Obvykle je možné začít na **70cm** pásmu, kde už je dostatečná šířka pásma pro přenos analogové TV. Nicméně využívá se stále méně. Důvodem je fakt, že v polovině osmdesátých let byla šířka 70cm pásmu redukována a začala být více obsazená [6, 7, 8, 9].

Proto je nejvíce využíváno pásmo **23cm** (1240 – 1300MHz), kde ATV má svůj vymezený rozsah. Výhoda tohoto pásma je taktéž v příjmu signálu a to proto, že 23cm pásmo zasahuje do středu L pásma (1 to 2 GHz), na kterých fungují domácí zařízení pro příjem jako například set top box. U jiných zařízení se proto musí po přenosu signál převést do rozsahu L pásma. V pásmu 23cm lze vysílat na vzdálenost přesahující i stovku kilometrů. ATV však pracuje rovněž na dalších pásmech, která se využívají pro přenos a to 13cm, 9cm, 5cm, 3cm a 1,2cm [5].



Obr. 2: Diagram základní 70cm ATV instalace pro vysílání. Převzato z [6]

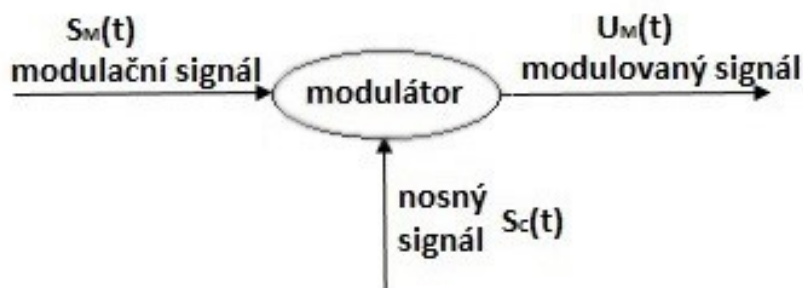
## 2.2. Digitální amatérská televize

Digitální amatérská televize neboli DATV je principiálně stejně řešená jako ATV. Využívá však jiných zařízení specifických pro přenos digitálního signálu (např. QPSK modulátor). Používá všeobecné standardy digitálního televizního vysílání jako například DVB-S a DVB-T. Tyto standardy používají ztrátové kompresní metody jako MPEG-2 a MPEG-4 pro přenos obrazu, a pro kompresi zvuku používá kupříkladu AC-3, AAC a mnoho dalších. K modulování signálu používá QPSK, 16QAM, 64QAM modulace [11, 12, 13].

Za pomoci těchto kodeků a modulací dochází ke snížení potřebné šířky pásma pro přenos dat, oproti své analogové verze.

### 3. Modulace

Modulace je nelineární proces, při kterém dochází ke změně fyzické vlastnosti signálů. Amplituda, frekvence nebo fáze. V tomto procesu se rozlišují tři signály: **nosný signál**, **modulační signál** a **modulovaný signál**.



Obr. 3: Schéma procesu modulace. Převzato z [14]

Nosný signál je takový, který modulujeme modulačním signálem. Modulační je signál, kterým modulujeme nosný signál a modulovaný je výsledný signál po procesu.

Zařízení, které provádí modulaci, se nazývá modulátor (na vstupu). Na výstupu tak dostaneme modulovaný signál. Naopak zařízení, které provádí demodulaci modulovaného signálu, se nazývá demodulátor. Ten již zmíněnou demodulaci získává zpětně vysokofrekvenční signál z původního modulačního signálu. Aby došlo k modulaci, musí modulátor obsahovat nelineární prvek, na kterém se modulace realizuje.

Modulace se využívá pro převedení signálu ze základního pásma na signál v přeloženém pásmu. Je tomu tak, protože využívané přenosové cesty (metalické trasy apod.) mají své vlastnosti, které mohou nepříznivým způsobem ovlivňovat přenášený signál. A proto tedy neumožňují jeho přenos na delší vzdálenosti (v základním pásmu). Mohou se pak objevit také s anténami, které nejsou efektivní při přenosu na nízkých frekvencích nebo také vlivem šumu a rušení okolních vlivů při nízkých frekvencích [14, 16].

Modulace se dělí na **spojité** a **diskrétní**.

**Spojitá modulace** je taková, která má nosný signál s harmonickým průběhem a jeho modulační signál je analogový nebo digitální.

Spojitá modulace se dělí na **spojité analogové** a **spojité digitální**.

Typické příklady spojitých analogových modulací jsou: AM, FM, PM.

Dále u spojitých digitálních například ASK, FSK, PSK, QPSK.

**Diskrétní modulace** je taková, která má nosný signál nespojitý a modulační signál je diskrétní.

Diskrétní modulace se dělí na **diskrétní nekódované** (nekvantovaný signál) a **diskrétní kódované** (kvantovaný).

Typické příklady diskrétní nekódovaných signálů jsou: PAM, PWM, PPM.

U diskrétních kódovaných například PCM, DPCM aj. [16].

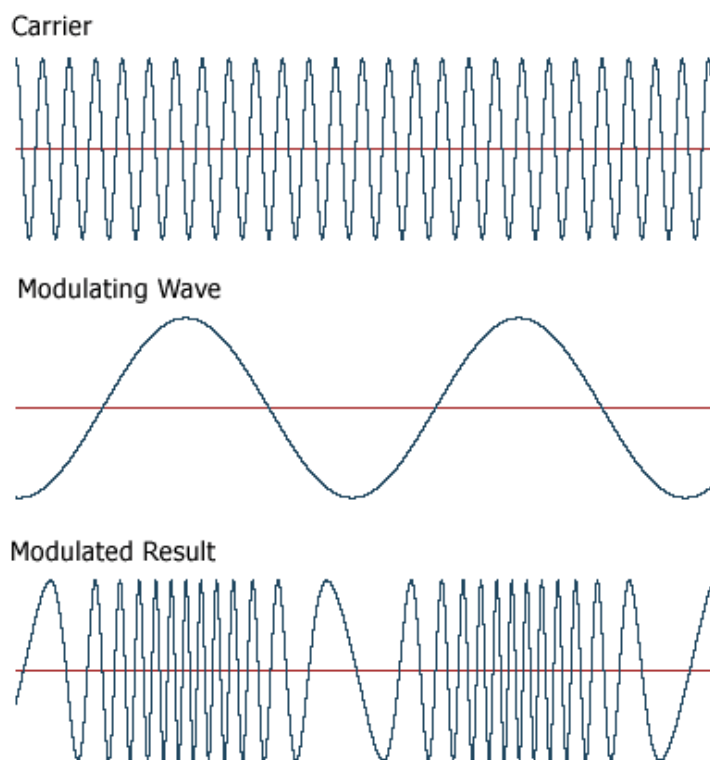
V tomto projektu využívám dvou modulací. A to pro analogovou část FM a pro digitální QPSK.



### 3.1. Frekvenční modulace

Frekvenční modulace spadá do spojitých amplitudových modulací. FM je modulací úhlovou, protože se u ní ovlivňuje fázový úhel nosné vlny modulačním signálem. Informace je kódována změnou kmitočtu nosné vlny úměrné okamžité hodnotě modulačního signálu, amplituda zůstává stejná.

Frekvenční modulace má výhodu v možnosti vyloučení poruch amplitudového charakteru (u FM je amplituda stejná), má jednoduchý modulátor, dobré výkonové využití. Menší rušení vzájemných vysílačů. Další výhodou je lepší odstup užitečného signálu od hluku a šumu. Nevýhodou frekvenční modulace je malý vysílací dosah, složitější demodulátor a větší šířka přenosového pásma [14, 16].



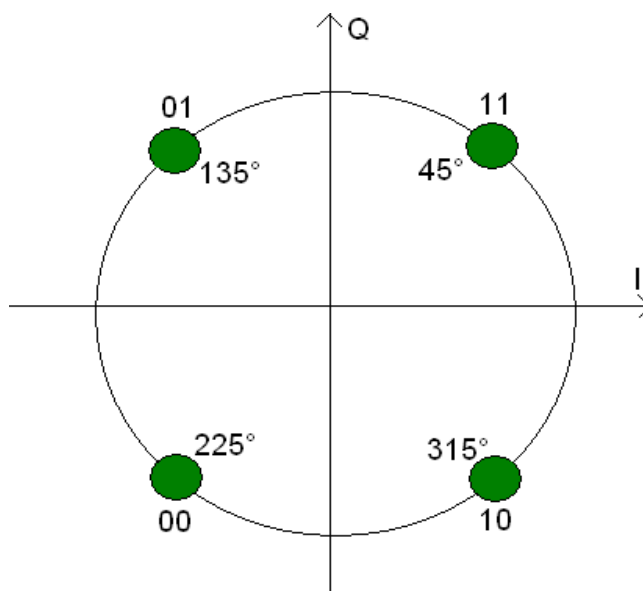
Obr. 4: Znárodnění principu frekvenční modulace. Převzato z [15]

### 3.2. Kvadrurní klíčování fázovým posuvem

Kvadrurní klíčování fázovým posuvem neboli QPSK modulace je digitální modulace používající změny fáze nosného signálu. QPSK lze znázornit na konstelačním diagramu (zobrazení v komplexní rovině) pomocí čtyř bodů rozmístěných v kružnici se stejnými vzdálenostmi. QPSK využívá čtyři fáze, díky kterým je schopen kódovat dva bity na symbol.

QPSK signál může celkově nabývat čtyř stavů. Mohou tak nastat kombinace bitů odpovídajících na určitý úhel fáze.

QPSK vychází z PSK modulace. Z tohoto principu vychází i obdobná modulace BPSK používající pouze dvou fází. Při srovnání QPSK A BPSK přijdeme na to, že obě modulace mají stejnou šířku pásma, stejnou chybovost, avšak jiné přenosové rychlosti právě kvůli použití jiných počtů změn fáze. Dá se tedy považovat že QPSK je složení dvou BPSK modulací [17, 18].



Obr. 5: Konstelační diagram QPSK

## 4. Realizace projektu

Samotná realizace projektu probíhala v předem vymezených bodech.

- Zmapování stavu ATV a DATV v jednotlivých zemích, zejména v ČR.
- Určení konkrétních kmitočtů na základě přidělení a přihlédnutím ke zvyklostem v jednotlivých zemích.
- Rozbor možností technického řešení.
- Návrh blokového schéma vhodného zařízení pro ATV a DATV.
- Optimalizace navrhovaného řešení.
- Sestavení funkčního modelu zařízení.
- Funkční zkoušky a měření modelu zařízení.
- Návrh finálního zařízení.
- Sestavení prototypu finálního zařízení.

### 4.1. Přehled kmitočtů pro ATV a DATV

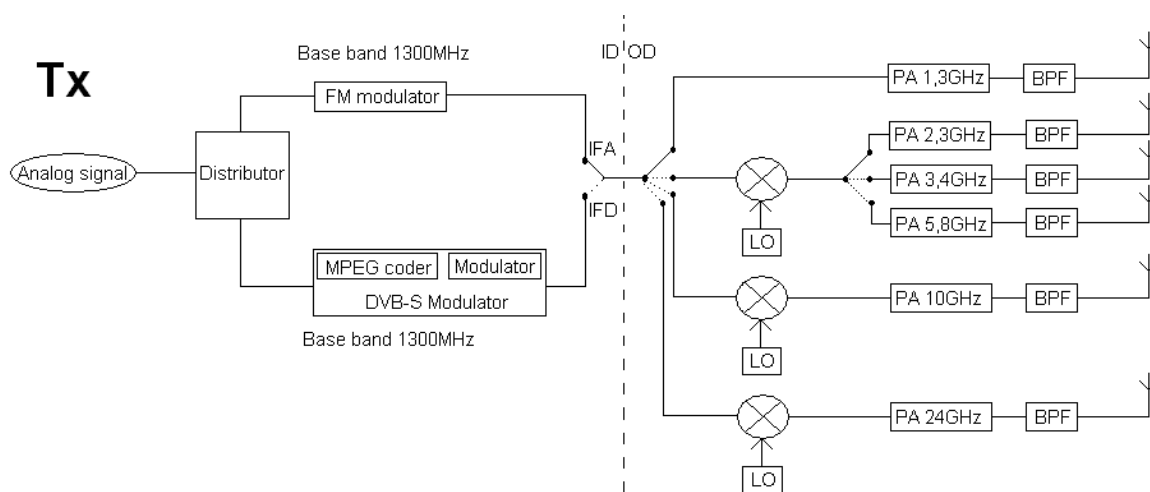
ATV a DATV patří do skupiny radioamatérských sportů, pro které jsou vyčleněny speciální kmitočty v rámci přidělených kmitočtů pro radioamatérskou službu. Příložená tabulka (viz. Tab. 1) zobrazuje povolené rozsahy pro Českou Republiku. V některých pásmech je přidělena speciální frekvence. V ostatních jsou frekvence pro všechny duhy provozu, protože ostatní rozsahy nemají svou speciální frekvenci pro amatérské televize.

Frekvence [MHz]	Popis	Rozsah v pásmu [MHz]
1240 – 1300	ATV, digitální ATV	1243,275 – 1260,000 1272,000 – 1291,000
2300 – 2450	ATV	2322,000 – 2355,000 2370,000 – 2392,000
3400 – 3475	Všechny druhy provozu	3401,000 – 3402,000 3402,000 – 3410,000
5650 – 5850	ATV	5700,000 – 5720,000
10000 – 10 500	Všechny druhy provozu	10150,000 – 10250,000 10350,000 – 10368,000 10370,000 – 10450,000
24000 – 24250	Všechny druhy provozu	24000,000 – 24048,000 24050,000 – 24250,000

Tab. 1: Rozsahy vhodných frekvencí. Převzato z [2]

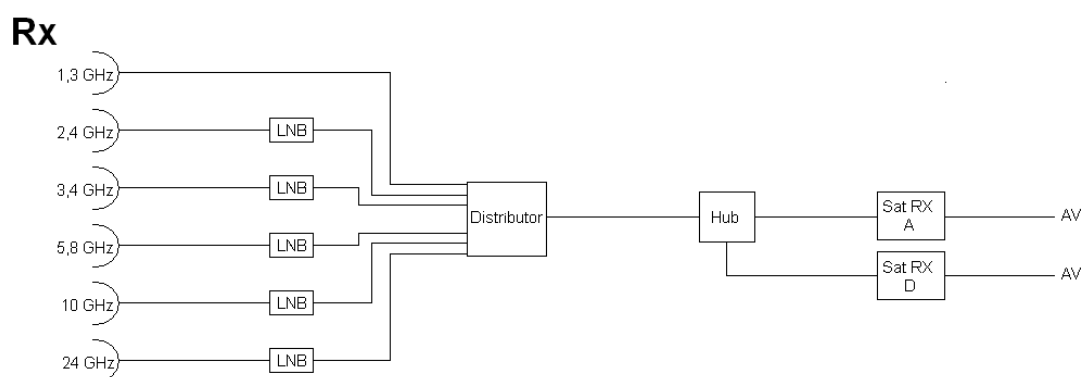
## 4.2. Návrh blokového schéma

Návrh blokového schéma vhodného zařízení pro ATV a DATV. Návrh je dimenzován tak, aby zahrnoval všechny frekvence, které jsou v tomto projektu zadány.



Obr. 6: Schéma vysílací části

Vysílací část (viz Obr. 6) se skládá z vysílače analogového signálu (např. videokamera). Distributoru rozděluje směr šíření signálu. Modulátorů pro analogovou i digitální cestu. Směšovači kde dochází k úpravě frekvencí, lokálními oscilátory, koncovými stupni pro všechny frekvence, filtrů pásmových propustí a vysílače.



Obr. 7: Schéma přijímací části

Přijímací část (viz Obr. 7) blokového schématu se skládá z přijímače, LNB konvertoru zesilující a převádějící signál na nižší kmitočty (objevuje se jen u vyšších frekvencí, neboť domácí satelitní přijímač pracuje v L pásmu, tedy v polovině 23cm pásma). Distributoru rozděluje směr šíření signálu, přijímač satelitního signálu a zobrazovací zařízení (televize či monitor).

### 4.3. Ladění rezonančních filtrů

Během absolvování odborné praxe jsem ladil celkem tři filtry. Každý s rozdílným počtem rezonátorů. První obsahoval tři, druhý sedm a třetí až osmnáct. U každého z nich jsou jednotlivě neladitelné rezonátory, které se navzájem ovlivňují. Různými kombinacemi jejich nastavení lze docílit chtěného frekvenčního rozsahu. Filtry se měřily na vektorovém analyzátoru HP 8510C. Před měřením se musel analyzátor kalibrovat. Toho se dosáhlo propojením obou výstupů analyzátoru a následného sjednocení složek zpětného útlumu a útlumu s výkonem.

Výhodou těchto filtrů je možnost velkého přeladění, zamezení vyzařování do okolí a poměrně velká strmost filtrů. Tyto filtry se používají většinou v místech, kde je potřeba dosáhnout značně přesných vlastností filtrů.

Následující obrázek (viz Obr. 8) zobrazuje kmitočtový průběh filtru obsahujícího osmnáct rezonátorů. Žlutě je zobrazen zpětný útlum (propuštěná energie), který dosáhl -37,4dB (počet jazyků by se správně měl odvíjet od počtu rezonátorů ve filtru). V takovém případě se bude jednat o dokonale naladěný filtr). Modře je znázorněn průběh útlumu s výkonem. Střed průběhu je nastaven na 1280MHz, je to kmitočet odvozující se z frekvenčního rozsahu v pásmu 23cm (frekvence povolená pro službu ATV). Celkově nalezená šířka pásmové propusti byla 30MHz.



Obr. 8: Kmitočtový průběh filtru s osmnácti rezonátory



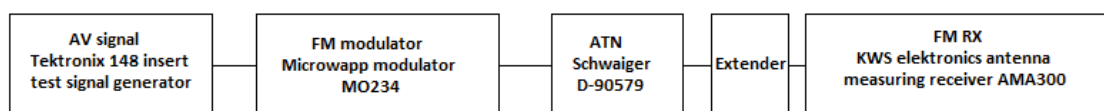
*Obr. 9: Osmnácti rezonanční filtr v průběhu ladění*

## 4.4. Testování modulátorů

### 4.4.1. FM modulátor Microwapp MO234

V tomto měření se použilo reálné zařízení z laboratoře. Pro začátek měření byla vybrána frekvence 1820MHz. Protože použitý modulátor pracuje na frekvenci 760MHz a frekvence oscilátoru byla 1060MHz. Součtem se docílilo frekvence 1820MHz. Frekvence oscilátoru může být proměnlivá a tak i závislá na okolních jevech (teplota aj.). Pomocí přijímače se určila ideální frekvence pro FM modulátor. Zkoumal jsem úrovně napětí [dB/μV] a vliv šumu na něj. V tomto měření je úrovně šum vyjádřen procenty.

Při 75 dB/μV byl úrovně šum 6%. Obdobná data zůstala stejná až do 60 dB/μV, kdy lze rozeznat první deformace šumem poměrně nepatrné lidskému oku. Úrovně šum byl přibližně 8%. Při 45 dB/μV byl už úrovně šum 15% a obraz byl hodně deformován, stále však rozeznatelný. Při 40 dB/μV byla hodnota stále 15%. Nižší úroveň než 40 dB/μV už poté byla natolik ovlivněna, že obraz byl nerozeznatelný. Nejlepší frekvence vůči úrovně šumu je 1817MHz, je to tedy střed rozsahu signálu. Spodní hranice byla 1806MHz a horní 1828MHz. Šířka přenosového pásma je 22 MHz.



Obr. 10: Schéma zapojení testování FM modulátoru

### 4.4.2. FM modulátor NT 1/2GHz varlink

Stejně jako u modulátoru microwapp, jsem i na tomto zařízení měřil hranici možné rozeznatelného obrazu, úrovní vůči odstupu signál šum vyjádřených v decibelech.

Úroveň [dB/μV]	S/N [dB]	Popis
70	22	
47	22	
40	17,1	
< 40	11,4	Hranice obrazu bez šumu
< 40	9	Lehce ovlivněn šumem
< 40	8	Hodně ovlivněn šumem

Tab. 2: Úroveň vůči S/N FM modulátoru NT1/2GHz varlink

Hodnoty, které dosahují úrovně pod 40 dB/μV už nelze bohužel detailně rozeznat. Je to zapříčiněno citlivostí měřicího přístroje. Z měření lze vyčíst, že tento frekvenční modulátor potřebuje pro přenos signálu bez šumu minimálně 11,5 dB odstup signál šum.

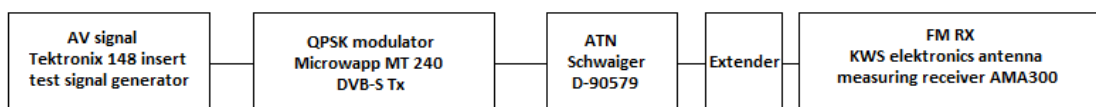
### 4.4.3. QPSK modulátor Microwapp MT 240 DVB-S Tx

U QPSK modulace rozsah frekvencí použitých pro přenos signálů je téměř totožný neboť použitý QPSK modulátor pracuje na identické hodnotě 760MHz. Oscilátor zůstává stejný.

Přijímačem jsem zjišťoval nejzazší hranici příjmu digitálního signálu. Střed rozsahu činil 1816,750 MHz. Při zkoumání přenosu byla zjištěna tolerance frekvencí umožňující přenos. Spodní hranice byla 1813,625 MHz a horní 1820,750 MHz. Šířka přenosového pásma tudíž byla 7,125 MHz, a hodnota symbol rate byla nastavena na 30 000. Hodnota FEC byla nastavená na tři čtvrtiny. Tudíž tři čtvrtiny sloužili pro přenos dat, a jedna čtvrtina byla použita pro korekci. Hranice, při kterém byl obraz ještě neporušen šumem byla 40 dB/μV kdy se dosáhlo hodnoty 9,6 SNR. Při hodnotě úrovně šumu < 40 dB/μV se začaly objevovat první chyby obrazu (SNR bylo 7,6dB). A obraz se již nebylo možno zobrazit při hodnotě 5,8 SNR. Hodnota CBER se měnila s úrovní šumu. Nejlepší hodnoty jsem dosáhl při 90dB s hodnotou CBER<1,00\*e<sup>-8</sup> (ideální vedení). Nejzazší hodnota fungujícího přenosu činila 5,48\*e<sup>-3</sup>.

Úroveň [dB/μV]	CBER	VBER	S/N [dB]
90	<1,00*e <sup>-8</sup>	<1,00*e <sup>-8</sup>	13,7
85	<1,00*e <sup>-8</sup>	<1,00*e <sup>-8</sup>	13,4
80	<1,00*e <sup>-8</sup>	<1,00*e <sup>-8</sup>	13,2
75	<1,00*e <sup>-8</sup>	<1,00*e <sup>-8</sup>	13
70	<1,00*e <sup>-8</sup>	<1,00*e <sup>-8</sup>	12,7
65	<2,00*e <sup>-8</sup>	<1,00*e <sup>-8</sup>	12,7
60	<2,00*e <sup>-8</sup>	<1,00*e <sup>-8</sup>	12,7
55	<3,00*e <sup>-8</sup>	<1,00*e <sup>-8</sup>	12,7
50	<1,00*e <sup>-4</sup>	<1,00*e <sup>-8</sup>	12,7
45	<4,24*e <sup>-6</sup>	<1,00*e <sup>-8</sup>	11,8
40	<2,55*e <sup>-4</sup>	<1,00*e <sup>-7</sup>	9,6
<40	<1,76*e <sup>-3</sup>	<1,00*e <sup>-7</sup>	7,6
<40	<5,48*e <sup>-3</sup>	<1,00*e <sup>-7</sup>	5,8

Tab. 3: Úroveň vůči S/N u QPSK modulátoru Microwapp MT 240 DVB-S Tx



Obr. 11: Schéma zapojení testování QPSK modulátoru

Rozdíly mezi reálně použitými modulacemi byly v šířkách přenosového pásma. U QPSK je rozsah výrazně menší než u FM. QPSK dokázala přenést data i v hodnotách pod 40 dB/μV se SNR 7,6 dB. FM modulace je výrazněji ovlivněna šumem a tudíž obraz není tolik čitelný a minimální hodnota pro přenos je 11,5 SNR. V případě FM modulace pro zobrazení obrazu stačilo trefit frekvenční rozsah, u QPSK bylo potřeba naladit nejlepší frekvenci.

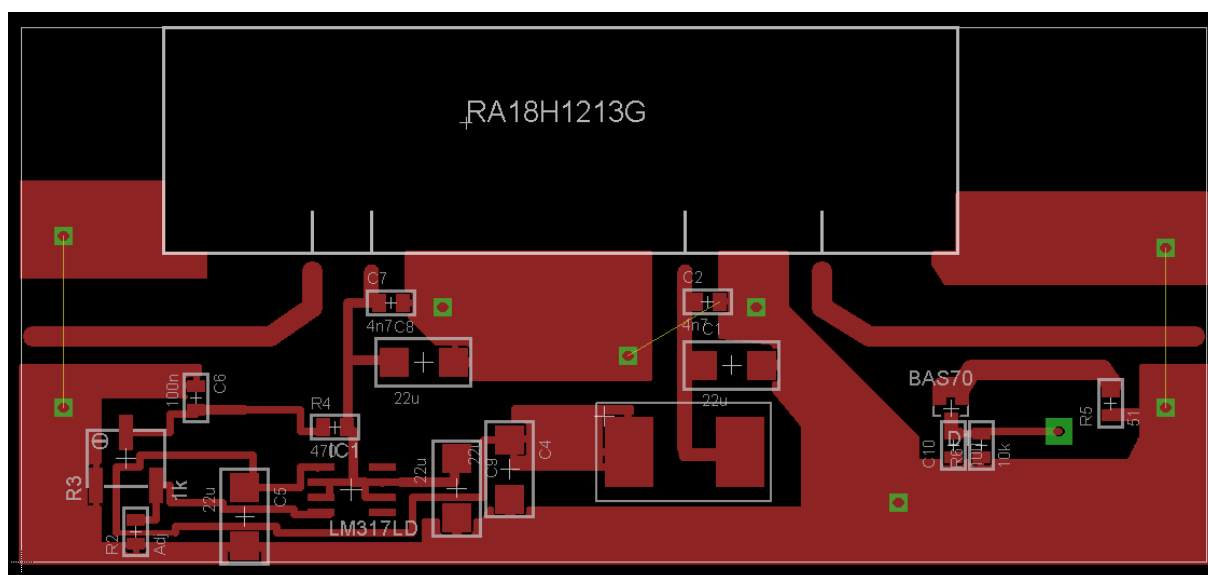


## 4.5. Návrh a sestrojení koncového stupně

Další z částí projektu bylo sestrojení koncového stupně. Ten zesiluje stávající signál a upravuje ho pro přenos. Vytváří tak lepší přenosové podmínky. Následná výroba koncového stupně byla pro přenosové pásmo 23cm.

### 4.5.1. Návrh desky plošných spojů

První částí bylo upravit již vytvořené schéma tak, aby byla zajištěna funkcionality a správný chod zařízení. Návrh plošného spoje jsem prováděl v programu Eagle (viz obr. 12). Při úpravě jsem dbal správného rozmístění daných součástek, dostatečné šířky propojení jednotlivých součástek a také propojení uzemňujících částí spoje. Tímto se redukovala impedance znemožňující správnou funkčnost. Deska byla navrhována pro dvě vrstvy. První je osazena součástkami, druhá slouží čistě jako zemnicí. Propojení je docíleno dírami (ve schématu naznačené zeleně). Takto vytvořené schéma bylo posláno na vyhotovení plošného spoje.

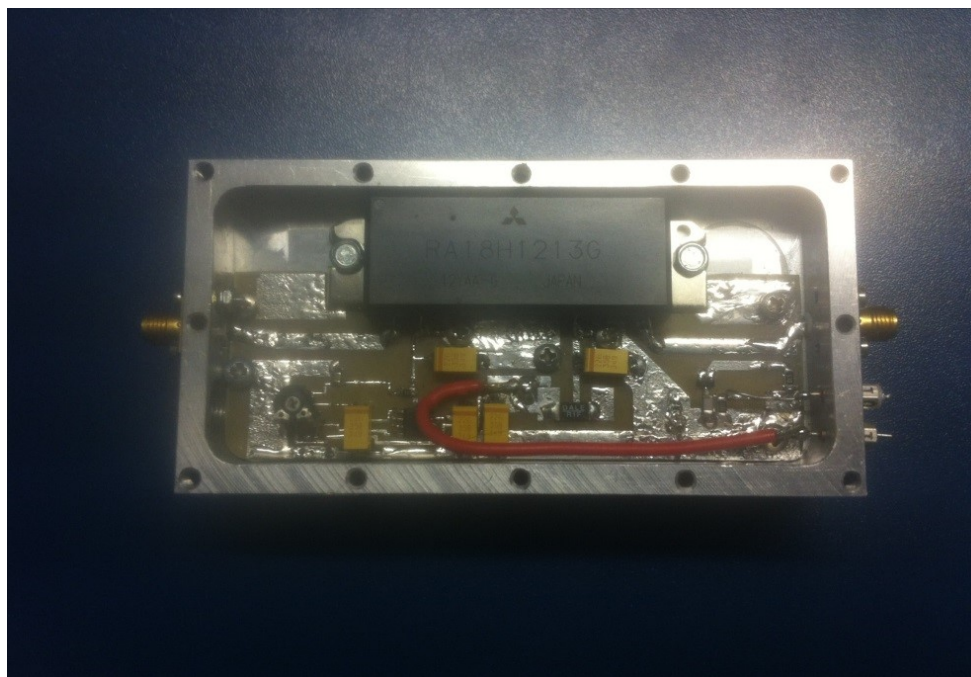


Obr. 12: Schéma plošného spoje koncového stupně.

### 4.5.2. Sestrojení koncového stupně

Po přijetí hotového plošného spoje přišla řada na mechanické úpravy. Vybroušením desky jsem docílil rozměrů předem vybraného kovového šasi, které má chránit desku před možným fyzickým poškozením, ale i schopnost efektivně ji chladit. Poté se deska očistila a postříkala z obou stran pájitelným lakem. Do šasi i desky, byly následně vyvrtány potřebné díry pro připevnění k sobě, ale i díry pro uchycení SMA konektorů, hybridního zesilovače a výstupu pro kontrolní měření.

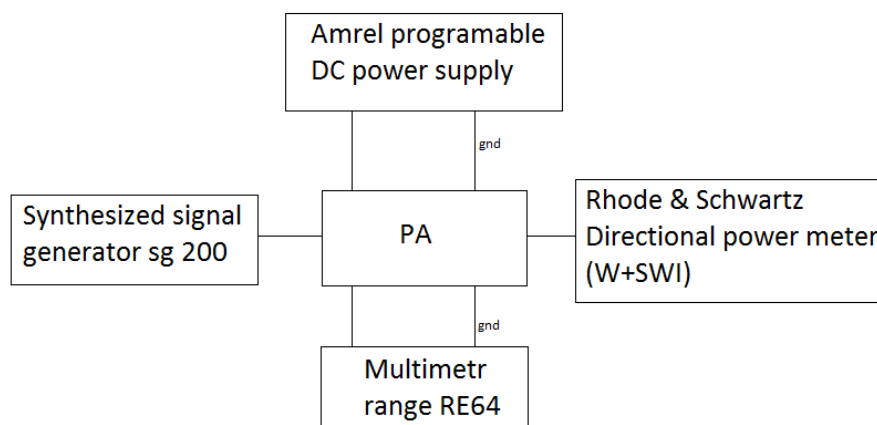
Poté jsem pocínoval cesty na plošném spoji, abych předešel možným nedokonalostem. Deska se osadila všemi součástkami a propojila s konektory. Hybridní zesilovač Mitsubishi RA18H1213G se po přidání chladicí pasty přišrouboval samostatně k šasi a propojil se se zbytkem desky.



Obr. 13: Sestrojený koncový stupeň

### 4.5.3. Testování

Při testování se sestrojený koncový stupeň přidělal ke většímu chladiči, který měl redukovat možnost zničení zařízení kvůli namáhání vysokým teplem. Ještě před testováním koncového stupně se proměřil, zdali splňuje podmínky a nepřesahuje maximální napětí, které je uvedeno v datasheetu zesilovače (viz. Příloha 1). Testování zařízení probíhalo na napětí 13V. Vstupní výkon se volil od 1 do 10 dBm, a frekvence 1280MHz. U koncového stupně se také proměřily přenosové parametry na vektorovém analyzátoru HP 8510C.

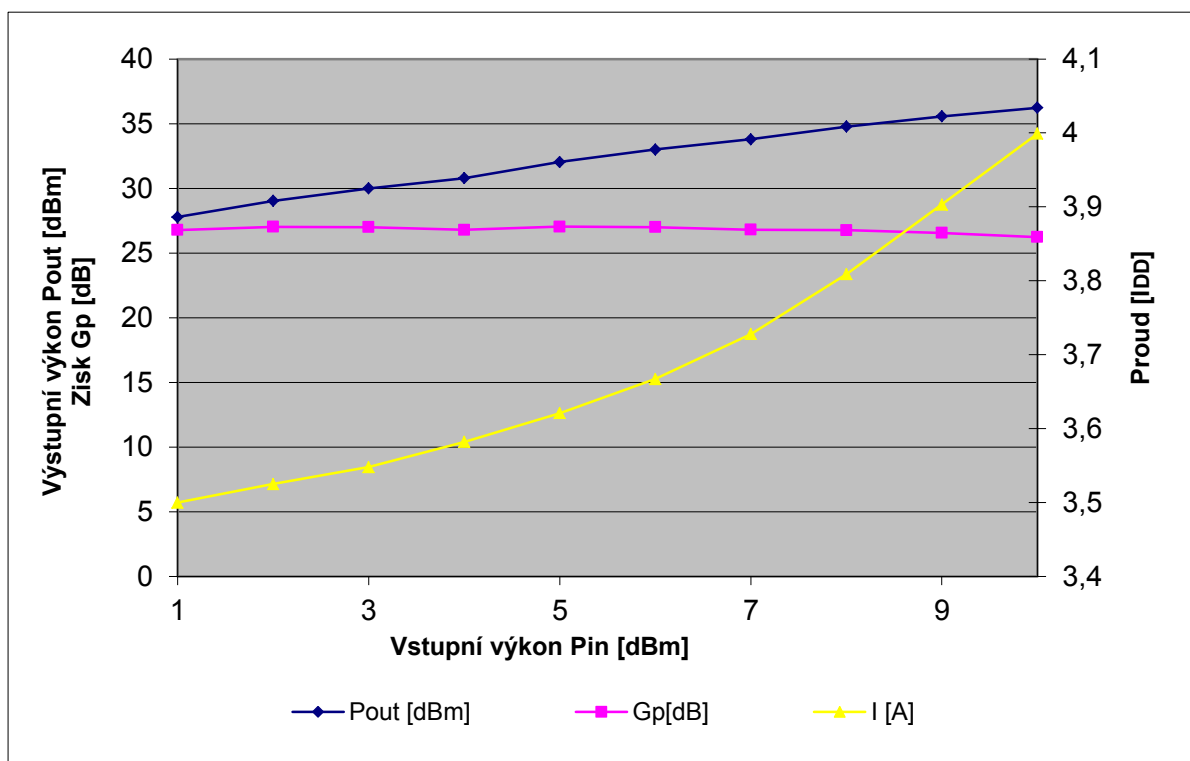


Obr. 14: Schéma zapojení testování PA

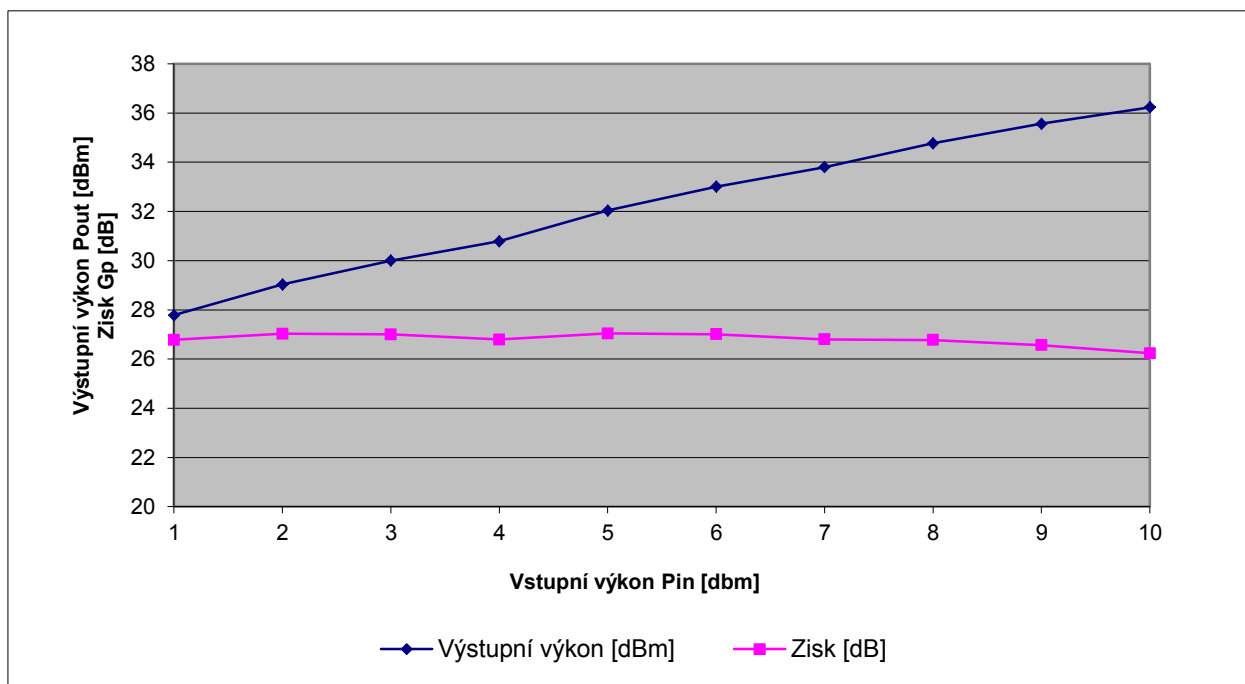
Level [dbm] (Vstupní výkon)	A [IDD]	W (výstupní výkon)	W->dBm (výstupní výkon na dBm)	Zisk [dB]
1	3,5	0,6	27,781	26,781
2	3,525	0,8	29,03	27,03
3	3,548	1	30	27
4	3,582	1,2	30,791	26,791
5	3,621	1,6	32,041	27,041
6	3,667	2	33,01	27,01
7	3,728	2,4	33,802	26,802
8	3,809	3	34,771	26,771
9	3,903	3,6	35,563	26,563
10	3,999	4,2	36,232	26,232

Tab. 4: Naměřené hodnoty z testování PA.

Z tabulky byly vyneseny dva grafy pro lepší orientaci. Porovnání těchto grafů s grafy výrobce hybridního zesilovače lze vyvodit, že funkcionality nebyla narušena a zařízení má předpoklady ke správné funkci (viz. Příloha 1).



Graf 1: Výstupní výkon, Zisk a proud na vstupní výkon



Graf 2: Výstupní výkon a zisk na vstupní výkon

## 5. Závěr

Absolvování odborné praxe ve firmě B PLUS TV a.s. mne určitě obohatilo novými zkušenostmi z pracovního prostředí. Naučil jsem se mnoho věcí z různých částí projektu. Některé jsem dělal vůbec poprvé, proto jsem taky musel často praxi doplňovat samostudiem. Největším přínosem pro mne bylo naučení se práce v programu EAGLE, který jsem použil pro úpravu desky, ale také práce s laděním filtrů s různými počty rezonátorů či zefektivnění práce s mikropájkou. Navíc také schopnost práce na reálném projektu.

Za celou dobu praxe jsem využil své nabyté znalosti obzvláště z předmětu radiokomunikační technika, základy elektroniky a elektrického měření. Z těchto předmětů jsem získal povědomí o základech přenosu rádiovými vlnami, vlastnostmi součástek a práci s měřicími přístroji. Tyto znalosti se hodili také při pochopení dané problematiky.

Během praxe mi nejvíce chyběly odborné znalosti, obvyklé pracovní postupy a odborná terminologie, kterou jsem si však postupem času osvojil. Scházel mi i nedostatek času a tak se úplný cíl projektu nepodařilo zrealizovat. Avšak rozsahem vykonané práce bylo vytvořeno spojení pro 23cm pásmo. Postrádal jsem také zkušenosti s manuální úpravou kovu a tak první úpravy vypadali poněkud nedokonale.

Jak jsem se již zmínil, vzhledem k časové náročnosti celého projektu je možné na projekt navázat a pokračovat například s realizací dalšího kmitočtového pásma nebo se zaměřit na efektivnější napájení jednotlivých zařízení. Tímto zkoumáním a prací bych se mohl zabývat i v navazujícím studiu.

## 6. Literatura

- [1] *BTV: Profil firmy* [online]. B PLUS TV a.s., 2004 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <<http://www.btv.cz/profil-firmy>>
- [2] *HAMRADIO OK1IKE: SDÍLENÉ KMITOČTY* [online]. 2013, poslední revize 18. 02. 2016 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <<http://ok1ike.c-a-v.com/soubory/bandplan.htm>>
- [3] BRUCHANOV, Martin. *Obrazová komunikace na krátkých vlnách: Příručka pro radioamatéry*. Žďár nad Sázavou, 2009.
- [4] Slow-scan television. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Slow-scan\\_television](https://en.wikipedia.org/wiki/Slow-scan_television)>
- [5] *Getting started in ATV* [online]. BATC, 2013 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <[http://www.batc.org.uk/Getting\\_Started/Getting\\_started\\_in\\_ATV\\_batc.pdf](http://www.batc.org.uk/Getting_Started/Getting_started_in_ATV_batc.pdf)>
- [6] *An Introduction to Amateur Television - Part 1* [online]. American Radio Relay League, April 1993 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <<http://www.arrl.org/files/file/Technology/tis/info/pdf/49319.pdf>>
- [7] *An Introduction to Amateur Television - Part 2* [online]. American Radio Relay League, May 1993 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <<http://www.arrl.org/files/file/Technology/tis/info/pdf/59343.pdf>>
- [8] *An Introduction to Amateur Television - Part 3* [online]. American Radio Relay League, June 1993 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <<http://www.arrl.org/files/file/Technology/tis/info/pdf/69335.pdf>>
- [9] MUNSIL, Bill. *An Introduction to Fast Scan Amateur Television FSTV* [online]. Hamuniverse.com, 2016 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <<http://www.hamuniverse.com/atvfastscantv.html>>
- [10] Amateur television. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Amateur\\_television](https://en.wikipedia.org/wiki/Amateur_television)>
- [11] *CQ-TV 208: DATV in simple terms - Part 1* [online]. 2004 (208) [cit. 2016-03-21]. ISSN 1466-6790. Dostupné z: <<http://www.batc.org.uk/cq-tv/archive/2004.html>>
- [12] *CQ-TV 209: DATV in simple terms - Part 2* [online]. 2005 (209) [cit. 2016-03-21]. ISSN 1466-6790. Dostupné z: <<http://www.batc.org.uk/cq-tv/archive/2005.html>>

- [13] *CQ-TV 210: DATV in simple terms - Part 3* [online]. 2005 (210) [cit. 2016-03-21]. ISSN 1466-6790. Dostupné z: <<http://www.batc.org.uk/cq-tv/archive/2005.html>>
- [14] NEVLUD, Pavel a Marek DVORSKÝ. *Přenos dat v komunikacích pro integrovanou výuku VUT a VŠB-TUO*. Ostrava, 2014. Skripta.
- [15] Frequency-modulation. *Yourdictionary* [online]. 2016 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <<http://www.yourdictionary.com/frequency-modulation>>
- [16] FAJKUS, Marcel. *Modulace signálu a jejich vliv na spektrum signálu*. Ostrava, 2009. Bakalářská práce. VŠB-TUO. Vedoucí práce Ing. Jan Skapa.
- [17] Phase-shift keying. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Phase-shift\\_keying](https://en.wikipedia.org/wiki/Phase-shift_keying)>
- [18] QPSK Modulation-Quadrature Phase Shift Keying modulation. *Http://www.rfwireless-world.com/*[online]. RF Wireless World, 2012 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <<http://www.rfwireless-world.com/Terminology/QPSK.html>>

## [19] Seznam příloh na CD

*Příloha č. 1: Datasheet hybridního zesilovače RA18H1213G*